

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
27 juin 2002 (27.06.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/50572 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :

G01V 1/145, 1/00, B06B 1/06

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : INSTITUT FRANÇAIS DU PETROLE [FR/FR]; 1 et 4, avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR01/04059

(72) Inventeurs; et

(22) Date de dépôt international :

19 décembre 2001 (19.12.2001)

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : BARONI, Axelle [FR/FR]; 13, boulevard Richelieu, F-92500 Rueil-Malmaison (FR). MEYNIER, Patrick [FR/FR]; 23 bis, rue des Garennes, F-78400 Chatou (FR).

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

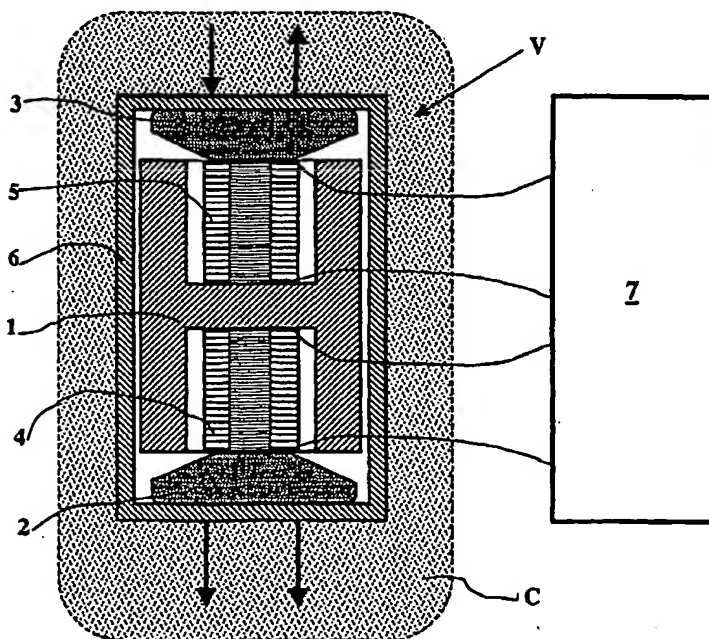
00/16832 21 décembre 2000 (21.12.2000) FR

(74) Mandataire : ELMALEH, Alfred; Institut Français du Pétrole, 1 et 4, avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE FOR GENERATING FOCUSED ELASTIC WAVES IN A MATERIAL MEDIUM SUCH AS UNDERGROUND, AND METHOD USING SAME

(54) Titre : DISPOSITIF POUR ENGENDRER DES ONDES ELASTIQUES FOCALISEES DANS UN MILIEU MATERIEL TEL QUE LE SOUS-SOL, ET METHODE POUR SA MISE EN OEUVRE



(57) Abstract: The invention concerns an electromechanical device for generating elastic waves in a material medium, such as underground in a frequency domain where the wavelengths of the generated waves are high relative to the dimensions of the device, and a method using said device. The device comprises one or several vibrators adapted to be buried in a medium, associated with a control system. Each vibrator comprises at least a centre mass (1), several head masses (2, 3) providing mechanical coupling with the medium, electromechanical transducers (4, 5) connecting the centre masses (1) to the head masses (2, 3). The control system (7) is adapted to apply to the various transducers (4, 5) respective control signals such that the resulting elastic wave field generated in the medium by the device, is oriented preferably along one or several directions. Said focused wave field can be directly obtained by applying appropriate control signals to the

various transducers of each vibrator or by successively transmitting several times, with different wave fields, so that, by combining seismograms produced at those different times, the equivalent wave field is focused, or by combining the focused wave fields transmitted by several single vibrators. The invention is applicable to earth's seismic exploration for example.

[Suite sur la page suivante]



(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ,

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Dispositif électromécanique pour engendrer des ondes élastiques dans un milieu matériel, tel que le sous-sol dans un domaine de fréquence où les longueurs d'ondes des ondes générées sont grandes devant les dimensions du dispositif, et aussi une méthode pour sa mise en oeuvre. Le dispositif comporte un ou plusieurs vibreurs adaptés à être enfouis dans le milieu, associé à un système de commande. Chaque vibreur comporte au moins une masse d'inertie (1), plusieurs pavillons (2, 3) assurant le couplage mécanique avec le milieu, des transducteurs électromécaniques (4, 5) reliant les masses d'inertie (1) aux pavillons (2, 3). Le système de commande (7) est adapté à appliquer aux différents transducteurs (4, 5), des signaux de commande respectifs tels que le champ d'ondes élastiques résultant généré dans le milieu par le dispositif, soit orienté préférentiellement suivant une ou plusieurs directions. Ce champ d'ondes focalisé peut être obtenu directement par application de signaux de commande appropriés aux différents transducteurs de chaque vibreur ou bien en procédant en plusieurs temps d'émission successifs, avec des champs d'ondes différents, de telle sorte que, par combinaison des sismogrammes réalisés au cours de ces différents temps, le champs d'ondes équivalent soit focalisé, ou en combinant des champs d'ondes focalisés émis par plusieurs vibreurs simples. Applications à la prospection sismique terrestre par exemple.

5

**DISPOSITIF POUR ENGENDRER DES ONDES ELASTIQUES
FOCALISEES DANS UN MILIEU MATERIEL TEL QUE LE SOUS-SOL, ET
METHODE POUR SA MISE EN OEUVRE**

10 La présente invention porte sur un dispositif électromécanique à émission focalisée pour engendrer des vibrations dans un milieu matériel, tel que le sous-sol et une méthode pour sa mise en œuvre.

Un tel dispositif trouve des applications notamment dans le cadre d'opérations d'exploration sismique ou de surveillance sismique d'une formation
15 souterraine telle qu'un gisement d'hydrocarbures.

2) Etat de la technique

Les opérations de prospection sismique ont pour objet l'enregistrement de sismogrammes de la formation à explorer à partir d'ondes élastiques captées par des récepteurs appropriés couplés avec la formation (disposés en surface ou dans des
20 puits), ces ondes étant renvoyées par les discontinuités du sous-sol en réponse à des ondes émises par une source d'ondes élastiques d'un type quelconque qu'il s'agisse d'une source impulsionnelle : charge d'explosifs dans un trou, canons à air remorqués par un navire en mer, etc., ou des vibrateurs émettant des signaux de durée

variable, généralement à fréquence variable. La variation de fréquence peut être continue sur une certaine plage de fréquence (balayage ou « sweep ») comme décrit dans le brevet US 2 688 124 ou bien à variation discontinue à codage binaire comme dans le brevet FR 2 589 587.

5 Les vibreurs peuvent être, par exemple, de type électromagnétique ou électro-hydraulique ou bien encore piézo-électrique. Un vibreur de type piézo-électrique comporte par exemple un pavillon destiné à assurer le couplage avec le sol, une masse d'inertie suffisamment lourde accouplée avec le pavillon par l'intermédiaire d'un ou plusieurs transducteurs piézo-électriques. Chaque
10 transducteur comporte par exemple un empilement d'éléments en céramique piézo-électrique couplés en parallèle, et il est connecté à un générateur de signaux vibratoires. Un vibreur piézo-électrique est décrit par exemple dans le brevet FR 2 791 780 du demandeur.

Les sources sismiques couplées avec la surface du sol sont directives mais
15 l'énergie sismique qu'elles peuvent émettre dépend beaucoup de la qualité de leur couplage, et celle-ci, des variations climatiques locales. C'est un inconvénient notamment lorsque l'on réalise des opérations de surveillance à long terme d'un gisement en cours d'exploitation de façon à pouvoir comparer, à intervalles de temps de plusieurs mois par exemple, les sismogrammes obtenus successivement, et ainsi
20 détecter des variations de son état. Aussi, lorsque l'on souhaite conserver une certaine reproductibilité des émissions, il est préférable de coupler les sources avec la formation, sous la zone dite altérée ("weathered zone" ou WZ). A cette fin, on creuse un puits de profondeur suffisante pour atteindre la base de la zone altérée, et on installe la source au fond en la reliant à un générateur d'énergie approprié.

25 Ce mode de couplage a cependant pour inconvénient que la source n'est plus directive et émet vers le haut. Le rayonnement traversant la zone altérée vient perturber les sismogrammes obtenus.

Une source directionnelle est décrite, pour une application acoustique, dans le brevet US 4 996 674. C'est une source immergée de type Janus à haute fréquence comportant une masse fixée entre deux transducteurs piézoélectriques. Un pavillon est fixé à l'extrémité de chaque transducteur opposé à la masse centrale. L'impédance
5 mécanique opposée par le milieu d'immersion est identique au niveau de chacun des pavillons. Les deux transducteurs sont alimentés indépendamment l'un de l'autre de telle façon que l'on annule le mouvement de l'un ou l'autre pavillon. Dans la gamme des fréquences acoustiques relativement élevées, comme les longueurs d'onde des ondes émises sont petites devant les dimensions de la source, il en résulte que
10 l'émission des ondes n'a lieu que vers l'extérieur du pavillon mobile et pratiquement pas du côté opposé. Dans le domaine de très basses fréquences où opèrent les sources sismiques, l'annulation de la vitesse de l'un des pavillons ne rend pas la source directionnelle du fait que le pavillon mobile génère une onde arrière en opposition de phase.

15 **La méthode et le dispositif selon l'invention**

Le dispositif selon l'invention permet d'engendrer dans un milieu matériel, un champ d'ondes vibratoires focalisé (obtenu en un seul temps ou en deux temps successifs avec deux champs d'ondes distincts, non focalisés, mais complémentaires au sens où leur somme résulte en un champ focalisé), dans un domaine de fréquences
20 où les longueurs d'ondes des ondes générées sont grandes devant la dimension du dispositif. Il comporte au moins un vibreur adapté à être enfoui dans le milieu, incluant au moins une masse d'inertie, au moins deux pavillons couplés mécaniquement avec le milieu (l'impédance mécanique de ce milieu n'est pas forcément uniforme si bien que les deux pavillons peuvent voir des impédances
25 différentes), des transducteurs électromécaniques reliant chaque masse d'inertie aux pavillons et un système de commande adapté à appliquer aux transducteurs électromécaniques, des signaux de commande respectifs tels que le champ d'ondes

résultant généré dans le milieu par le dispositif, soit focalisé dans une direction privilégiée.

Suivant un mode de réalisation, chaque vibreur comporte une seule masse d'inertie, au moins deux pavillons couplés avec le milieu et des transducteurs électromécaniques fixés rigidement d'une part à la masse d'inertie et respectivement aux pavillons, deux des dits pavillons ayant une orientation commune dans l'espace, le système de commande étant adapté à leur appliquer des signaux de commande différents choisis pour que la combinaison des contraintes appliquées au milieu soit orientée principalement suivant une direction définie.

10 Suivant un autre mode de réalisation, chaque vibreur comporte une seule masse d'inertie, au moins une paire de pavillons couplés avec le milieu et au moins une paire de transducteurs électromécaniques fixés rigidement d'une part à la masse d'inertie et respectivement aux pavillons de la dite paire de pavillons, en ce que les deux pavillons de chaque paire ont une orientation commune dans l'espace et sont
15 disposés de part et d'autre de la masse d'inertie, les deux transducteurs électromécaniques de chaque paire étant alignés suivant un même axe.

Suivant un autre mode de réalisation, chaque vibreur comporte au moins deux paires de pavillons associés à la masse d'inertie par l'intermédiaire d'au moins deux paires de transducteurs, les axes respectifs des différentes paires de
20 transducteurs étant orientés suivant des directions différentes.

Le système de commande comporte des moyens pour appliquer à un premier transducteur de la dite paire de transducteurs, un signal de commande combiné obtenu en sommant un premier signal (U_D) et un deuxième signal (U_F) choisi en fonction du premier signal (U_D), et pour appliquer au deuxième transducteur de la
25 dite paire de transducteurs, un deuxième signal de commande combiné, obtenu en sommant un premier signal $f_D(U_D)$ et un deuxième signal $f_F(U_F)$, de façon à

neutraliser le rayonnement du pavillon associé au deuxième transducteur. Les fonctions f_D et f_F seront précisées par la suite.

Le deuxième signal U_F s'exprime en fonction du premier signal U_D par exemple par la relation $U_F = U_D \times \frac{2\pi}{\lambda}$.

5 Suivant un autre mode de réalisation, le dispositif comporte plusieurs vibrateurs comprenant chacun au moins une masse d'inertie, au moins deux pavillons couplés mécaniquement avec le milieu, des transducteurs électromécaniques reliant rigide-
ment la masse d'inertie aux pavillons et un système de commande adapté à
appliquer aux transducteurs électromécaniques des vibrateurs, des signaux de
10 commande respectifs tels que le champ d'ondes global produit par le dispositif, soit orienté suivant une direction déterminée dans l'espace.

Le dispositif comporte par exemple des moyens (une masse de ciment ou analogue ou un élément en matériau élastique en contact avec au moins un des pavillons par exemple) pour modifier le coefficient de couplage des différents
15 pavillons avec le milieu, de façon à renforcer la polarisation des ondes appliquées au milieu par le dispositif.

Suivant un autre mode de réalisation, au moins une masse d'inertie est constituée par un volume du dit milieu ou un volume d'un matériau solide.

La méthode de prospection d'un milieu matériel tel que le sous-sol selon
20 l'invention, comporte la formation de sismogrammes de la formation à explorer à partir d'ondes élastiques captées par des récepteurs d'ondes appropriés couplés avec la formation, ces ondes étant renvoyées par les discontinuités du milieu en réponse à des ondes élastiques émises. Elle comporte l'utilisation comme source d'ondes élastiques, d'un dispositif comprenant au moins un vibrateur adapté à être enfoui
25 dans le milieu, incluant au moins une masse d'inertie, au moins deux pavillons couplés mécaniquement avec le milieu, des transducteurs électromécaniques reliant

chaque masse d'inertie aux pavillons et un système de commande des transducteurs, et l'application aux transducteurs, des signaux de commande d'amplitudes et de phases choisies pour que le champ d'ondes résultant appliqué au milieu, soit focalisé dans une certaine direction

5 Suivant un mode de mise en œuvre où chaque vibreur comportant une seule masse d'inertie, reliée à au moins une paire de pavillons par au moins une paire de transducteurs électromécaniques, les deux pavillons de chaque paire étant disposés de part et d'autre de la masse d'inertie et ayant une orientation commune dans l'espace, et les deux transducteurs électromécaniques de chaque paire étant alignés suivant un
10 même axe, on génère le champ d'ondes résultant :

- en appliquant dans un premier temps respectivement aux transducteurs électromécaniques respectivement, deux signaux vibratoires en opposition de phase (U_F) et $f_F(-U_F)$ de manière à former un premier sismogramme du milieu ;
- en appliquant dans un deuxième temps respectivement aux deux transducteurs
15 électromécaniques respectivement, deux signaux vibratoires en phase (U_D) et $f_D(U_D)$, avec (U_D) choisi en fonction du premier signal vibratoire (U_F), de manière à former un deuxième sismogramme du milieu ; et
- en sommant les sismogrammes formés dans le premier et deuxième temps, le sismogramme obtenu par sommation résultant en un champ d'ondes,
20 correspondant à une émission focalisée de signaux élastiques.

 Suivant un mode de mise en œuvre avec un dispositif comportant une seule masse d'inertie, reliée à au moins une paire de pavillons, par au moins une paire de transducteurs électromécaniques, les deux pavillons de chaque paire étant disposés parallèlement l'un à l'autre et de part et d'autre de la masse d'inertie, et les deux
25 transducteurs électromécaniques de chaque paire étant alignés suivant un même axe, on génère le champ d'ondes résultant en appliquant à l'un des transducteurs électromécaniques un signal vibratoire égal à la somme d'un premier signal

vibratoire (U_D) et d'un deuxième signal vibratoire (U_F) choisi en fonction du premier signal vibratoire (U_D), et en appliquant à l'autre transducteur électromécanique, un deuxième signal de commande combiné obtenu en sommant un premier signal $f_D(U_D)$ et un deuxième signal $f_F(U_F)$ de façon à neutraliser le rayonnement du pavillon associé au deuxième transducteur électromécanique.

Le signal vibratoire (U_F) est relié au signal vibratoire (U_D) par exemple par la relation $U_F = U_D \times \frac{2\pi}{\lambda}$.

Suivant un autre mode de mise en œuvre, on génère le champ d'ondes résultant en rendant dissymétriques les pavillons ou le mode de couplage des pavillons avec le milieu.

Suivant un autre mode de mise en œuvre, on met au moins un premier pavillon en contact avec une masse de ciment ou analogue, et au moins un deuxième pavillon, en contact directement avec le milieu.

Le dispositif selon l'invention permet donc d'enfouir en profondeur un ou plusieurs vibreurs émettant, dans un domaine de fréquence où les longueurs d'ondes des ondes générées sont grandes devant les dimensions du dispositif, un champ d'ondes focalisé.

Présentation sommaire des figures

D'autres caractéristiques et avantages du dispositif selon l'invention et de la méthode de mise en œuvre, apparaîtront à la lecture de la description ci-après, en se référant aux dessins annexés où :

- la Fig.1 montre schématiquement l'agencement du vibreur avec son dispositif de commande associé ;

- la Fig.2 montre un exemple schématique de mise en place sur le terrain d'un système sismique terrestre utilisant le vibreur de la Fig.1 ; et
- les Fig.3A, 3B, 3C montrent les lobes d'émissions respectifs des deux transducteurs du vibreur, dans une procédure d'acquisition sismique en deux temps (Fig.3A, 3B) permettant d'obtenir par sommation de traces un champ d'ondes résultant très fortement directif (Fig.3C) ;
- la Fig.4 montre schématiquement un mode de réalisation où chaque vibreur comporte plusieurs transducteurs électromagnétiques orientés différemment dans l'espace ;
- 10 - la Fig.5 montre schématiquement un autre mode de réalisation où chaque vibreur comporte plusieurs paires de transducteurs électromagnétiques orientés chacune suivant une direction différente de celle des autres ;
- la Fig.6 montre schématiquement un autre mode de réalisation où le dispositif comporte plusieurs vibrateurs enterrés au voisinage les uns des autres, adaptés à émettre des ondes focalisées dans des directions différentes les uns des autres ;
- 15 - la Fig.7 montre schématiquement un autre mode de réalisation où le dispositif comporte un ou plusieurs vibrateurs comportant deux masses d'inertie et trois transducteurs électromécaniques; et
- la Fig.8 montre schématiquement les composantes dynamiques du dispositif de la Fig.1 par exemple.
- 20

DESCRIPTION DETAILLEE

Suivant le mode de réalisation de la Fig.1, le dispositif comporte au moins un vibreur focalisé V comprenant essentiellement une masse d'inertie suffisamment

lourde 1, deux plaques ou pavillons 2, 3 disposés parallèlement l'un à l'autre et de part et d'autre de la masse d'inertie, deux transducteurs électromécaniques 4, 5 d'un type quelconque (piézoélectriques, magnétostrictifs, hydrauliques, etc.), alignés suivant un même axe, reliant la masse d'inertie 1 respectivement aux deux pavillons 2, 3, et une gaine élastique d'enrobage 6 pour isoler extérieurement le vibreur V.

Le vibreur V est disposé (Fig.2) dans une cavité ménagée dans le milieu, dans une zone consolidée, soit directement, soit noyé dans une masse de ciment coulé dans la cavité autour de lui. Un système de commande 7 adapté à appliquer aux deux transducteurs des forces respectives telles que le champ d'ondes résultant généré dans le milieu soit dissymétrique. Au vibreur V, on associe des récepteurs d'ondes R couplés avec le milieu et un système d'acquisition et d'enregistrement 8 adapté à former des sismogrammes sismiques du milieu à partir des signaux captés par les récepteurs en réponse aux champs d'ondes émis.

Le calcul des signaux à appliquer à chaque vibreur pour obtenir une émission focalisée suivant une direction donnée, est effectué comme suit.

Dans un premier temps, on se fixe une valeur d'impédance acoustique au niveau de chaque pavillon et on calcule les forces générées sur chacun d'eux. A cet effet, on modélise le vibreur en se basant sur la technique des matrices de transfert décrite par exemple par Decarpigny J.N. et al, dans J. Acoust. Soc. Am., 78 (5) Nov. 1985, pp 1499 à 1507.

Dans un deuxième temps, on calcule les rapports d'amplitude que doivent avoir les forces générées pour que, après combinaison, certaines directions d'émission soient privilégiées. Pour cela, on peut utiliser les diagrammes de rayonnement théorique de sources ponctuelles de type force ou dipôle, dans des espaces ou demi-espaces, ou encore calculer ces rayonnements au moyen de logiciels spécialisés de calcul numérique bien connus des gens de l'art.

Pour illustrer la méthode de calcul des signaux de commande qui conduisent à annuler le rayonnement d'un côté du dispositif, on considère le cas général d'une paire de transducteurs (Fig.8) où ni le dispositif ni les impédances vues par les deux pavillons ne sont symétriques. On nomme M , la masse de la masse d'inertie 1, M_1 et M_2 , les masses respectives des pavillons P1 et P2, K_1 et K_2 les raideurs des transducteurs 4, 5 associés respectivement aux pavillons P1 et P2, Z_1 et Z_2 les impédances du sol vues par respectivement les pavillons P1 et P2, r_1 et r_2 les coefficients de couplage électrodynamiques qui relient la tension électrique à la force dynamique, et $U_1(t)$ et $U_2(t)$ ci-après notées U_1 et U_2 , les tensions d'alimentation variables en fonction du temps des transducteurs 4 et 5 (tensions positives si elles impliquent un allongement du pilier, par convention).

Les forces dynamiques F_1 et F_2 développées par les pavillons P1 et P2, dans le milieu environnant, vérifient (en les orientant dans le même sens):

$$F_1 = k_{11}U_1 + k_{12}U_2,$$

$$F_2 = k_{21}U_1 + k_{22}U_2, \text{ avec}$$

$$k_{11} = \frac{Z_1 r_1}{D} \{ Z_2 K_2 - \omega^2 [M(Z_2 + K_2) + K_2 M_2] + \omega^4 M_2 M \},$$

$$k_{22} = -\frac{Z_2 r_2}{D} \{ Z_1 K_1 - \omega^2 [M(Z_1 + K_1) + K_1 M_1] + \omega^4 M_1 M \},$$

$$k_{12} = \frac{Z_1 r_2}{D} \{ Z_2 K_1 - \omega^2 K_1 M_2 \},$$

$$k_{21} = -\frac{Z_2 r_1}{D} \{ Z_1 K_2 - \omega^2 K_2 M_1 \},$$

$$D = Z_1 Z_2 (K_1 + K_2) + K_1 K_2 (Z_1 + Z_2)$$

$$- \omega^2 [K_1 K_2 (M + M_1 + M_2) + (K_1 + K_2)(M_2 Z_1 + M_1 Z_2) + M(Z_1 Z_2 + Z_1 K_2 + Z_2 K_1)] \\ + \omega^4 [M M_1 (Z_2 + K_2) + M M_2 (Z_1 + K_1) + M_1 M_2 (K_1 + K_2)] - \omega^6 M_1 M_2 M.$$

15

Pour que le dispositif agisse comme une simple force sur le milieu, il faut que $F_1 = F_2$; ce qui implique la valeur suivante pour la tension d'alimentation U_2 :

$$U_2 = f_F(U_1) = -U_1 \times \frac{r_1}{r_2} \left[\frac{2K_2Z_1Z_2 - \omega^2(Z_1Z_2M + Z_1K_2M + Z_1K_2M_2 + Z_2K_2M_1) + \omega^4Z_1M_2M}{2K_1Z_1Z_2 - \omega^2(Z_1Z_2M + Z_2K_1M + Z_2K_1M_1 + Z_1K_1M_2) + \omega^4Z_2M_1M} \right]$$

Pour que le dispositif agisse comme un dipôle, il faut que $F_1 = -F_2$;
ce qui implique la valeur suivante pour la tension d'alimentation U_2 :

$$5 \quad U_2 = f_D(U_1) = U_1 \times \frac{r_1}{r_2} \left[\frac{Z_2K_2M_1 - Z_1Z_2M - Z_1K_2M - Z_1K_2M_2 + \omega^2Z_1M_2M}{Z_1K_1M_2 - Z_2Z_1M - Z_2K_1M - Z_2K_1M_1 + \omega^2Z_2M_1M} \right]$$

Pour que la combinaison des deux émissions soit minimisée d'un côté du dispositif, il faut que $(F_1)_{force} = (F_1)_{dipole} \times \frac{2\pi}{\lambda}$, où λ est la longueur d'onde des ondes générées ; cette dernière relation permet de choisir $(U_1)_{force}$ en fonction de $(U_1)_{dipole}$.

10 ci-après notées respectivement U_F et U_D avec, :

$$U_F = U_D \times \frac{2\pi}{\lambda} \quad (1)$$

pour que les rayonnements du dipôle et la force s'annulent d'un côté.

Suivant un premier mode de mise en œuvre, le champ d'ondes résultant est obtenu en deux temps. Dans un premier temps, on applique respectivement aux deux transducteurs 4, 5, deux signaux sinusoïdaux en opposition de phase $U_F(t)$ et $f_F(U_F(t))$ (Fig.3A). Le vibreur V génère un premier champ d'ondes suivant l'axe commun des deux transducteurs 4, 5 et on procède à l'acquisition des signaux sismiques renvoyés par le milieu, de façon à former un premier sismogramme du milieu. Dans un deuxième temps, on applique aux deux transducteurs deux signaux sinusoïdaux en phase $U_D(t)$ et $f_D(U_D(t))$ (Fig.3B) et on procède pareillement à l'acquisition des signaux sismiques renvoyés par le milieu, de façon à former un deuxième sismogramme du milieu. On règle correctement les signaux $U_F(t)$ et $U_D(t)$ en accord

avec la relation 1 ci-dessus, pour qu'en sommant les sismogrammes formés dans le premier temps et le deuxième temps, on obtienne un sismogramme sismique équivalent correspondant à un champ d'ondes élastiques focalisé, tel que celui de la Fig.3C.

5 Suivant un deuxième mode de mise en œuvre, on obtient un résultat analogue en appliquant à l'un des transducteurs 4 un signal égal à la somme des signaux précédents $U_F(t) + U_D(t)$, et au transducteur opposé 5, un signal égal à $f_D(U_D(t)) + f_F(U_F(t))$. Ceci a pour effet de neutraliser à distance le rayonnement « arrière », le dispositif étant ainsi rendu focalisé.

10 L'amplitude relative des signaux de commande l'un par rapport à l'autre dépendent généralement de la longueur d'onde, et on doit les ajuster en conséquence, dans le cas où l'on modifie les fréquences émises (émission de fréquences glissantes par exemple). Suivant le mode de réalisation de la Fig.4, chaque vibreur V comporte une masse d'inertie 1 et au moins trois transducteurs électromagnétiques, 15 T1, T2, T3. Deux d'entre eux T1, T2 dont les axes sont orientés suivant une direction commune, relient deux pavillons P1, P2 à la masse d'inertie. Le troisième transducteur T3 reliant un troisième pavillon P3 à la masse d'inertie 1, est orienté suivant une direction différente des deux premiers. Le système de commande 7 est commun à tous les transducteurs T1-T3 et leur applique des signaux de commande 20 choisis pour obtenir une émission focalisée suivant une certaine direction.

Le calcul des amplitudes convenant pour ce mode de réalisation, se conduit aisément en appliquant la méthode de calcul décrite plus haut, appliquée au système oscillant T1-T3. Suivant le mode de réalisation de la Fig.5, chaque vibreur V comporte une masse d'inertie commune 1 et plusieurs (trois dans l'exemple 25 représenté) paires, (T1, T'1), (T2, T'2) (T3, T'3) reliant chacune deux pavillons (P1, P'1) ou (P2, P'2) ou (P3, P'3) à la masse d'inertie commune 1. Les transducteurs de chaque paire sont orientés suivant une direction commune, différente de celles des autres paires. Les directions des trois paires sont par exemple orientés suivant les

arêtes d'un trièdre trirectangle. Le système de commande est également commun à tous les couples de transducteurs et leur applique des signaux de commande choisis pour obtenir une émission focalisée suivant une certaine direction. L'amplitude des signaux de commande convenant pour cet autre mode de réalisation, est calculée de même comme indiqué plus haut. Ce mode de réalisation offre une latitude particulièrement grande d'orientation dans l'espace des émissions focalisées.

Suivant le mode de réalisation de la Fig.6, le dispositif comporte n vibrateurs $V1-Vn$ ($n \geq 2$) enfouis dans le sol, au voisinage les uns des autres, comprenant chacun une masse d'inertie I, I' et deux (ou plus) transducteurs électromagnétiques ($T1, T'1$) et ($T2, T'2$) reliant chacun un pavillons ($P1, P'1$) et ($P2, P'2$) à une des masses d'inertie $1, 1'$. Les axes de deux transducteurs de chaque vibrateur $V1, V2$ sont orientés suivant une direction commune, différente de celle des transducteurs de l'autre vibrateur. Le dispositif comporte un système de commande 7 commun aux deux vibrateurs $V1, V2$, est adapté à leurs appliquer des signaux de manière à obtenir un champ d'ondes combiné dont l'orientation et la forme globale dépendent des amplitudes et des phases des signaux appliqués respectivement aux vibrateurs. En utilisant par exemple trois vibrateurs dont les axes sont orientés suivant les axes d'un trièdre, on peut, en jouant sur les amplitudes et phases, orienter le champ d'ondes produit en fonction de la zone du sous-sol à explorer.

Suivant le mode de réalisation de la Fig.7, chaque vibrateur comporte au moins deux masses d'inertie I, I' reliées entre elles par un transducteur électromécanique $T1$, chacune des masses $1, 1'$ étant reliée mécaniquement par un transducteur électromécaniques $T2, T3$ avec un pavillon P, P' .

On peut obtenir également un champ d'ondes résultant privilégiant une direction d'émission par rapport à la direction opposée, en rendant inégal le mode de couplage des deux pavillons avec le milieu. On peut mettre par exemple l'un des pavillons, (le pavillon 2 par exemple), en contact avec une masse de ciment ou analogue, et le pavillon opposé (3 par exemple), en contact directement avec le

milieu. On peut également intercaler entre l'un des pavillons et le milieu une couche d'un matériau présentant une qualité acoustique différente : une couche d'élastomère par exemple.

Un autre moyen consiste encore à utiliser des transducteurs 4, 5 de caractéristiques différentes.

Suivant un mode préféré de réalisation, les transducteurs sont de type piézo-électrique. Ils comportent chacun un pilier constitué, de façon connue en soi, par empilement d'éléments sensibles piézo-électriques, électriquement connectés en parallèle. On peut dans ce cas rendre les transducteurs différents en modifiant le nombre d'éléments piézo-électriques constitutifs des empilements, ou en prenant des éléments de formes différentes ou de tailles différentes par leur surface et/ou leur épaisseur.

La masse d'inertie peut être réalisée en quelconque matériau : métal, ciment ou analogue, ou même d'un volume du milieu où le dispositif est enfoui, intercalé entre les transducteurs.

REVENDICATIONS

1) Dispositif pour engendrer des ondes élastiques dans un milieu matériel tel que le sous-sol, dans une gamme de fréquence où les longueurs d'ondes des ondes
5 générées sont grandes devant les dimensions du dispositif, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un vibreur adapté à être enfoui dans le milieu, incluant au moins une masse d'inertie (1), au moins deux pavillons (2, 3) couplés mécaniquement avec le milieu, des transducteurs électromécaniques (4, 5) reliant
10 chaque masse d'inertie (1) aux pavillons (2, 3) et un système de commande (7) adapté à appliquer aux transducteurs électromécaniques (4, 5), des signaux de commande respectifs tels que le champ d'ondes résultant généré dans le milieu par le dispositif, soit focalisé dans une direction privilégiée.

2) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque vibreur comporte une seule masse d'inertie (1), au moins deux pavillons (2,3) couplés avec le
15 milieu et des transducteurs électromécaniques (4,5) fixés rigidement d'une part à la masse d'inertie (1) et respectivement aux pavillons (2,3), deux des dits pavillons ayant une orientation commune dans l'espace, le système de commande étant adapté à leur appliquer des signaux de commande différents choisis pour que la combinaison des contraintes appliquées au milieu soit orientée principalement suivant une
20 direction définie.

3) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque vibreur comporte une seule masse d'inertie (1), au moins une paire de pavillons (2,3) couplés avec le milieu et au moins une paire de transducteurs électromécaniques (4,5) fixés
25 rigidement d'une part à la masse d'inertie (1) et respectivement aux pavillons (2,3) de la dite paire de pavillons, en ce que les deux pavillons de chaque paire ont une orientation commune dans l'espace et sont disposés de part et d'autre de la masse

d'inertie (1), les deux transducteurs électromécaniques (4, 5) de chaque paire étant alignés suivant un même axe.

4) Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque vibreur comporte au moins deux paires de pavillons (P, P') associés à la masse d'inertie (1) par l'intermédiaire d'au moins deux paires de transducteurs, les axes respectifs des différentes paires de transducteurs étant orientés suivant des directions différentes.

5) Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le système de commande (7) comporte des moyens pour appliquer à un premier transducteur (4) de la dite paire de transducteurs, un signal de commande combiné obtenu en sommant un premier signal (U_D) et un deuxième signal (U_F) dépendant du premier signal (U_D), et pour appliquer au deuxième transducteur (5) de la dite paire de transducteurs, un deuxième signal de commande combiné obtenu en sommant un premier signal $f_D(U_D)$ et un deuxième signal $f_F(U_F)$, de façon à neutraliser le rayonnement du pavillon (3) associé au deuxième transducteur (5).

6) Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le système de commande (7) est adapté à appliquer un deuxième signal $U_F = U_D \times \frac{2\pi}{\lambda}$.

7) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs vibreurs comprenant chacun au moins une masse d'inertie, au moins deux pavillons (2, 3) couplés mécaniquement avec le milieu, des transducteurs électromécaniques (4, 5) reliant la masse d'inertie (1) aux pavillons (2, 3) et un système de commande (7) adapté à appliquer aux transducteurs électromécaniques (4, 5) des vibreurs, des signaux de commande respectifs tels que le champ d'ondes global produit par le dispositif, soit orienté suivant une direction déterminée dans l'espace.

8) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour modifier le coefficient de couplage des différents

pavillons avec le milieu, de façon à renforcer la polarisation des ondes appliquées au milieu par le dispositif.

9) Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens pour modifier le coefficient de couplage des différents pavillons avec le milieu comportent
5 une masse de ciment ou analogue ou un élément en matériau élastique en contact avec au moins un des pavillons (2).

10) Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'au moins une masse d'inertie est constituée par un volume du dit milieu ou un volume d'un matériau solide.

10 11) Méthode de prospection d'un milieu matériel tel que le sous-sol comportant la formation de sismogrammes de la formation à explorer à partir d'ondes élastiques émises par une source d'émission dans une gamme de fréquence où les longueurs d'ondes des ondes générées sont grandes devant les dimensions du dispositif, et captées par des récepteurs d'ondes appropriés couplés avec la formation,
15 ces ondes étant renvoyées par les discontinuités du milieu en réponse à des ondes élastiques émises, caractérisée en ce que l'on utilise comme source d'ondes élastiques un dispositif comprenant au moins un vibreur adapté à être enfoui dans le milieu, incluant au moins une masse d'inertie (1), au moins deux pavillons (2, 3) couplés mécaniquement avec le milieu, des transducteurs électromécaniques (4, 5)
20 reliant chaque masse d'inertie (1) aux pavillons (2, 3) et un système de commande (7) des transducteurs (4, 5), et l'on applique aux transducteurs (4, 5), des signaux de commande d'amplitudes et de phases choisies pour que le champ d'ondes résultant appliqué au milieu, soit focalisé dans une certaine direction.

25 12) Méthode selon la revendication 11, caractérisée en ce que, chaque vibreur comportant une seule masse d'inertie (1), reliée à au moins une paire de pavillons (2,3) par au moins une paire de transducteurs électromécaniques (4,5), les deux pavillons de chaque paire étant disposés de part et d'autre de la masse d'inertie

(1) et ayant une orientation commune dans l'espace, et les deux transducteurs électromécaniques (4, 5) de chaque paire étant alignés suivant un même axe, on génère le champ d'ondes résultant :

- 5 - en appliquant dans un premier temps respectivement aux transducteurs électromécaniques (4, 5) respectivement, deux signaux vibratoires en opposition de phase (U_F) et $f_F(-U_F)$ de manière à former un premier sismogramme du milieu ;
- 10 - en appliquant dans un deuxième temps respectivement aux deux transducteurs électromécaniques (4, 5) respectivement, deux signaux vibratoires en phase (U_D) et $f_D(U_D)$, avec (U_D) choisi en fonction du premier signal vibratoire (U_F), de manière à former un deuxième sismogramme du milieu ; et
- en sommant les sismogrammes formés dans le premier et deuxième temps, le sismogramme obtenu par sommation résultant en un champ d'ondes, correspondant à une émission focalisée de signaux élastiques.

15 13) Méthode selon la revendication 12, caractérisé en ce que le signal vibratoire (U_F) est relié au signal vibratoire (U_D) par la relation $U_F = U_D \times \frac{2\pi}{\lambda}$.

20 14) Méthode selon la revendication 11, caractérisée en ce que, le dispositif comportant une seule masse d'inertie (1), reliée à au moins une paire de pavillons (2,3) par au moins une paire de transducteurs électromécaniques (4,5), les deux pavillons de chaque paire étant disposés parallèlement l'un à l'autre et de part et d'autre de la masse d'inertie (1), et les deux transducteurs électromécaniques (4, 5) de chaque paire étant alignés suivant un même axe, on génère directement le champ d'ondes résultant en appliquant à l'un des transducteurs électromécaniques (4) un signal vibratoire égal à la somme d'un premier signal vibratoire (U_D) et d'un
25 deuxième signal vibratoire (U_F) choisi en fonction du premier signal vibratoire (U_D), et en appliquant à l'autre transducteur électromécanique (5), un deuxième signal de

commande combiné obtenu en sommant un premier signal $f_D(U_D)$ et un second signal $f_F(U_F)$, de façon à neutraliser le rayonnement du pavillon (3) associé au deuxième transducteur électromécanique (5).

15) Méthode selon l'une des revendications 11 à 14, caractérisée en ce que
5 l'on génère le champ d'ondes résultant en rendant dissymétriques les pavillons ou le mode de couplage des pavillons avec le milieu.

16) Méthode selon la revendication 10 à 14, caractérisée en ce que l'on met au moins un premier pavillon (2) en contact avec une masse de ciment ou analogue, et au moins un deuxième pavillon (3), en contact directement avec le milieu.

1/2

FIG.1

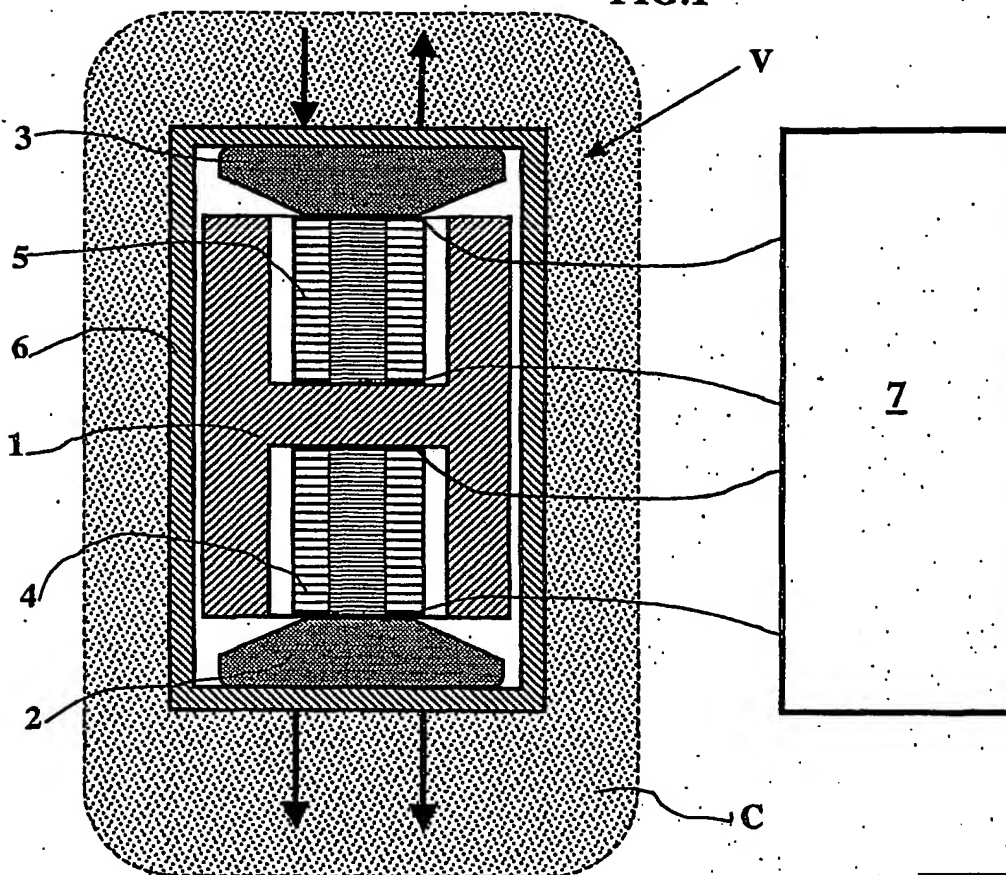


FIG.2

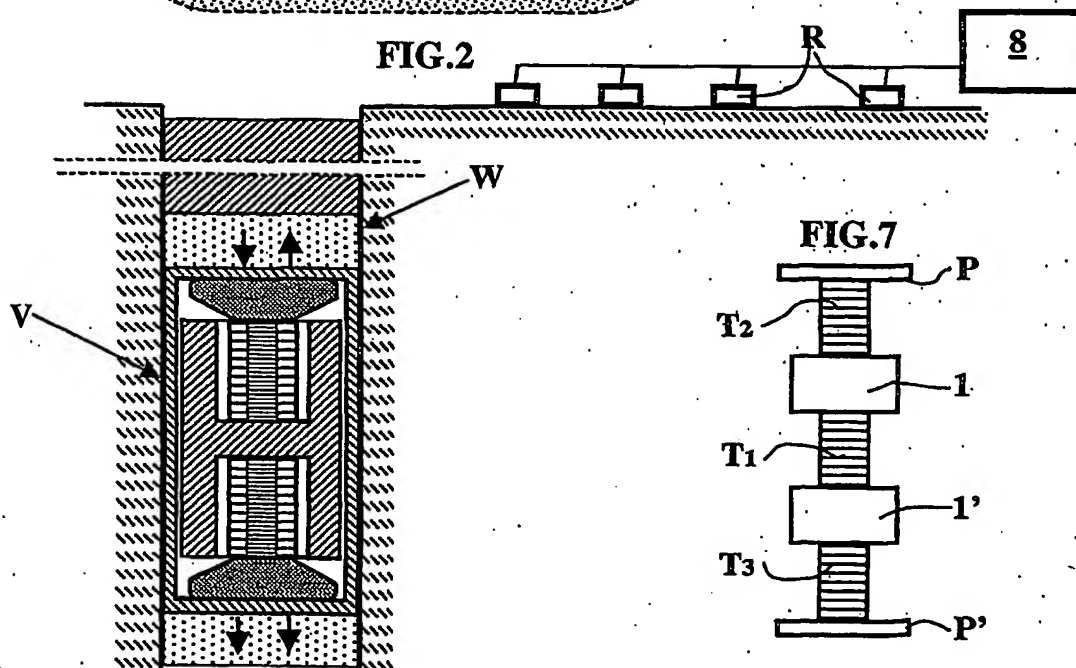


FIG.7

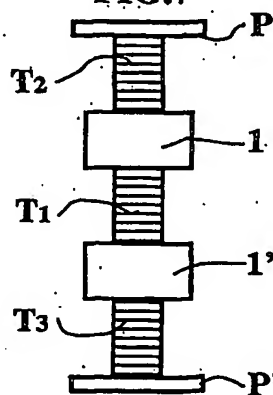


FIG:3A



FIG.3B



FIG.3C



FIG.6

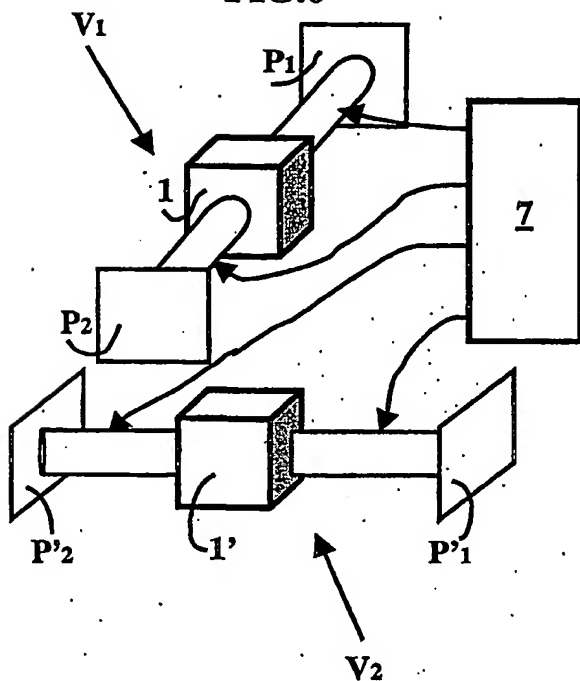


FIG.5

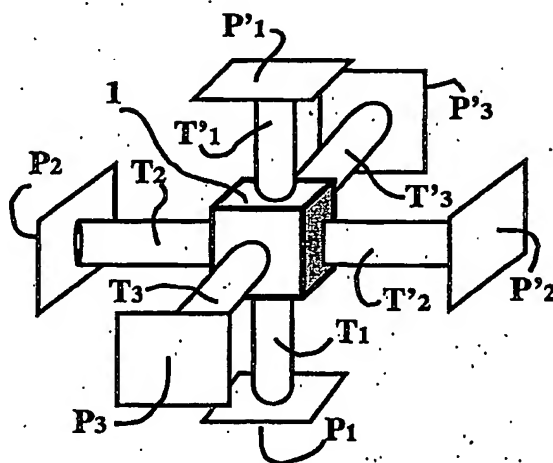


FIG.4

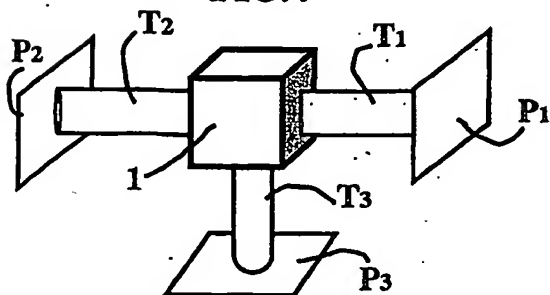
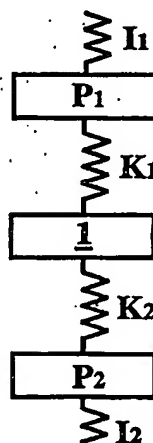


FIG.8



A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01V1/145 G01V1/00 B06B1/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B06B G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 996 674 A (THOMPSON STEPHEN C) 26 February 1991 (1991-02-26) cited in the application	1-5, 7-11, 14-16
Y	the whole document claims 1,4; figures 1-4 column 1, line 28 - line 32 column 1, line 51 - line 58 column 2, line 38 - line 64 column 3, line 16 - line 28 column 4, line 4 - line 13 column 5, line 1 - column 7, line 11 column 7, line 51 - line 55	12
Y	WO 98 13707 A (TJAALAND EGIL ; LIENG JON TORE (NO); NYFOTEK AS (NO)) 2 April 1998 (1998-04-02) abstract; claim 2; figures 5,7 -/-	12

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *a* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 May 2002

Date of mailing of the international search report

15/05/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

De Bekker, R

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSULTED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 850 449 A (CHEUNG LIM H) 25 July 1989 (1989-07-25) column 7, line 29 - line 40; claims 11,12; figures 3,4	3,4,8,9, 15,16
A	column 6, line 2 - line 5 column 1, line 65 - column 2, line 45	12
X	FR 2 720 588 A (FRANCE ETAT ARMEMENT) 1 December 1995 (1995-12-01) abstract; figures 1,2 page 3, line 11 - line 27	1
A	GB 1 513 530 A (FRANCE ARMED FORCES) 7 June 1978 (1978-06-07) abstract; figures 1,3,4 page 2, line 78 - line 81 page 3, line 114 - line 119	1-4
A	FR 2 791 780 A (INST FRANCAIS DU PETROL) 6 October 2000 (2000-10-06) cited in the application abstract	11
A	page 6, line 3 - line 8	6
A	page 5, line 23 - page 6, line 2 page 12, line 8 - line 17 page 6, line 9 - line 16	7,8,13, 14
A	US 2 688 124 A (CRAWFORD JOHN M ET AL) 31 August 1954 (1954-08-31) cited in the application the whole document	12
A	FR 2 589 587 A (INST FRANCAIS DU PETROL) 7 May 1987 (1987-05-07) cited in the application the whole document	11,12,14

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4996674	A	26-02-1991	EP 0209238 A2 JP 61289800 A	21-01-1987 19-12-1986
WO 9813707	A	02-04-1998	NO 964026 A AU 718613 B2 AU 4475297 A EP 0954759 A1 WO 9813707 A1 US 6105712 A	25-03-1998 20-04-2000 17-04-1998 10-11-1999 02-04-1998 22-08-2000
US 4850449	A	25-07-1989	US 5005665 A	09-04-1991
FR 2720588	A	01-12-1995	FR 2720588 A1 EP 0684085 A1	01-12-1995 29-11-1995
GB 1513530	A	07-06-1978	FR 2302656 A1 DE 2606951 A1	24-09-1976 09-09-1976
FR 2791780	A	06-10-2000	FR 2791780 A1 BR 0001493 A CA 2302848 A1 EP 1041403 A1 NO 20001633 A US 6338394 B1	06-10-2000 16-01-2001 30-09-2000 04-10-2000 02-10-2000 15-01-2002
US 2688124	A	31-08-1954	AU 204779 A CA 573546 A GB 768845 A IT 525271 A NL 108195 C	20-02-1957
FR 2589587	A	07-05-1987	FR 2589587 A1 CA 1261055 A1 DE 3668073 D1 EP 0223667 A1 JP 1882849 C JP 6005300 B JP 62175686 A NO 864300 A ,B, US 4780856 A	07-05-1987 26-09-1989 08-02-1990 27-05-1987 10-11-1994 19-01-1994 01-08-1987 04-05-1987 25-10-1988

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01V1/145 G01V1/00 B06B1/06

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 B06B G01V

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 996 674 A (THOMPSON STEPHEN C) 26 février 1991 (1991-02-26) cité dans la demande	1-5, 7-11, 14-16
Y	le document en entier revendications 1,4; figures 1-4 colonne 1, ligne 28 - ligne 32 colonne 1, ligne 51 - ligne 58 colonne 2, ligne 38 - ligne 64 colonne 3, ligne 16 - ligne 28 colonne 4, ligne 4 - ligne 13 colonne 5, ligne 1 - colonne 7, ligne 11 colonne 7, ligne 51 - ligne 55	12
Y	WO 98 13707 A (TJAALAND EGIL ; LIENG JON TORE (NO); NYFOTEK AS (NO)) 2 avril 1998 (1998-04-02) abrégé; revendication 2; figures 5,7 -/-	12

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *G* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

8 mai 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

15/05/2002

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3018

Fonctionnaire autorisé

De Bekker, R

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 850 449 A (CHEUNG LIM H) 25 juillet 1989 (1989-07-25) colonne 7, ligne 29 - ligne 40; revendications 11,12; figures 3,4	3,4,8,9, 15,16
A	colonne 6, ligne 2 - ligne 5 colonne 1, ligne 65 - colonne 2, ligne 45	12
X	FR 2 720 588 A (FRANCE ETAT ARMEMENT) 1 décembre 1995 (1995-12-01) abrégé; figures 1,2 page 3, ligne 11 - ligne 27	1
A	GB 1 513 530 A (FRANCE ARMED FORCES) 7 juin 1978 (1978-06-07) abrégé; figures 1,3,4 page 2, ligne 78 - ligne 81 page 3, ligne 114 - ligne 119	1-4
A	FR 2 791 780 A (INST FRANCAIS DU PETROL) 6 octobre 2000 (2000-10-06) cité dans la demande abrégé	11
A	page 6, ligne 3 - ligne 8	6
A	page 5, ligne 23 - page 6, ligne 2	7,8,13, 14
	page 12, ligne 8 - ligne 17 page 6, ligne 9 - ligne 16	
A	US 2 688 124 A (CRAWFORD JOHN M ET AL) 31 août 1954 (1954-08-31) cité dans la demande le document en entier	12
A	FR 2 589 587 A (INST FRANCAIS DU PETROL) 7 mai 1987 (1987-05-07) cité dans la demande le document en entier	11,12,14

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brev (s)	Date de publication
US 4996674	A	26-02-1991	EP 0209238 A2 JP 61289800 A	21-01-1987 19-12-1986
WO 9813707	A	02-04-1998	NO 964026 A AU 718613 B2 AU 4475297 A EP 0954759 A1 WO 9813707 A1 US 6105712 A	25-03-1998 20-04-2000 17-04-1998 10-11-1999 02-04-1998 22-08-2000
US 4850449	A	25-07-1989	US 5005665 A	09-04-1991
FR 2720588	A	01-12-1995	FR 2720588 A1 EP 0684085 A1	01-12-1995 29-11-1995
GB 1513530	A	07-06-1978	FR 2302656 A1 DE 2606951 A1	24-09-1976 09-09-1976
FR 2791780	A	06-10-2000	FR 2791780 A1 BR 0001493 A CA 2302848 A1 EP 1041403 A1 NO 20001633 A US 6338394 B1	06-10-2000 16-01-2001 30-09-2000 04-10-2000 02-10-2000 15-01-2002
US 2688124	A	31-08-1954	AU 204779 A CA 573546 A GB 768845 A IT 525271 A NL 108195 C	20-02-1957
FR 2589587	A	07-05-1987	FR 2589587 A1 CA 1261055 A1 DE 3668073 D1 EP 0223667 A1 JP 1882849 C JP 6005300 B JP 62175686 A NO 864300 A ,B, US 4780856 A	07-05-1987 26-09-1989 08-02-1990 27-05-1987 10-11-1994 19-01-1994 01-08-1987 04-05-1987 25-10-1988

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.